

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
4 novembre 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/095393 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G08G 5/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2004/000939

(22) Date de dépôt international : 16 avril 2004 (16.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
03/04753 16 avril 2003 (16.04.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : EU-
ROCOPTER [FR/FR]; Aéroport International Marseille-
Provence, F-13725 Marignane Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ASTRUC,

Joël [FR/FR]; 1330, chemin de Maliverny, F-13540 Puyri-
card (FR). BOUHERET, Daniel [FR/FR]; 14 lotissement
"Le Puy des Lauriers", Chemin Mouret, F-13100 Aix En
Provence (FR).

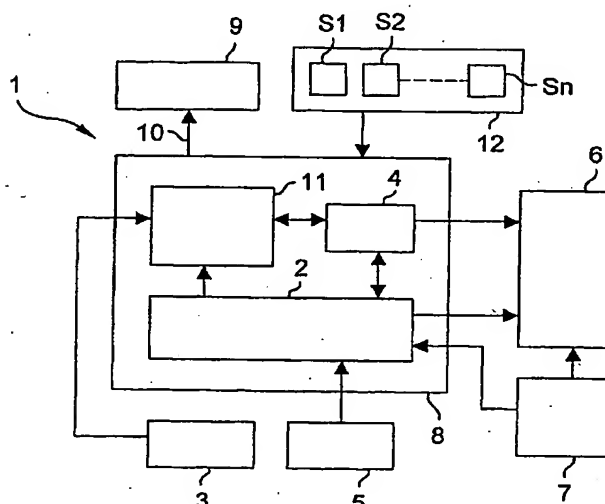
(74) Mandataire : GPI & ASSOCIES; Hérard, Paul, EuroParc
de Pichaury, 1330, rue Guilibert de la Lauzière, Bâtiment
D1, F-13856 Aix en Provence Cedex 3 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: AIRCRAFT FLIGHT SAFETY DEVICE AND METHOD WHICH ARE INTENDED FOR AN AIRCRAFT FLYING
IN INSTRUMENT METEOROLOGICAL CONDITIONS AND WHICH ARE USED INDEPENDENTLY OF INSTRUMENT
FLIGHT INFRASTRUCTURE

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE SECURISATION DU VOL D'UN AERONEF EN CONDITIONS DE VOL AUX
INSTRUMENTS HORS INFRASTRUCTURES DE VOL AUX INSTRUMENTS



(57) Abstract: The invention relates to a device (1) comprising an interference evaluator (2), means (3) for acquiring parameters relating to the aircraft and to the external environment, a memory element (4) for storing a constructed route, a memory element (5) containing a model of the terrain to be flown over, a display means (6), an interactive tool (7) which is used for the graphical construction of the route, a navigation computer (8) and a steering system (9), as well as at least one external environment perception assistance means (12).

[Suite sur la page suivante]



(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Le dispositif (1) comporte un calculateur d'interférences (2), des moyens (3) d'acquisition de paramètres relatifs à l'aéronef et à l'environnement extérieur, une mémoire (4) pour stocker une route construite, une mémoire (5) contenant un modèle du terrain à survoler, un moyen de visualisation (6), un outil interactif (7) de construction graphique de la route, un calculateur de navigation (8) et, un système de pilotage (9), ainsi qu'au moins un moyen (12) d'aide à la perception de l'environnement extérieur de l'aéronef.

Procédé et dispositif de sécurisation du vol d'un aéronef en conditions de vol aux instruments hors infrastructures de vol aux instruments.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de
5 sécurisation du vol d'un aéronef en conditions de vol aux instruments hors infrastructures de vol aux instruments.

On sait que de façon réglementaire, dans la totalité de l'espace aérien de la planète, on distingue deux types de conditions de vol dues aux conditions météorologiques :

- 10 - des conditions de vol à vue, dites «VMC» («Visual Meteorological Conditions » en anglais, langue de l'aéronautique), et,
- des conditions de vol aux instruments, dites «IMC» (« Instrument Meteorological Conditions »),

15 En conditions VMC, les aéronefs sont autorisés à voler sans aide, depuis le décollage jusqu'à l'atterrissage. Ils doivent alors respecter des règles de vol à vue dites «VFR» (« Visual Flight Rules ») et définies de façon internationale.

20 En conditions IMC les aéronefs ne sont autorisés à voler que s'ils respectent trois conditions :

- être dotés d'équipements particuliers requis pour un vol aux instruments,
- ne voler que dans des zones définies où les infrastructures aériennes et les services de navigation aérienne assurent le
25 contrôle, la séparation et le guidage des aéronefs, et
- respecter des règles de vol aux instruments, dites «IFR»
- («Instrument Flight Rules ») définies elles aussi de façon internationale.

Le vol en conditions IMC (c'est-à-dire en conditions de vol aux instruments), tel que considéré dans la présente invention, impose donc une forte restriction de l'espace aérien autorisé. En particulier ne sont pas accessibles les zones à basse altitude (hors des zones
5 aéroportuaires) ou entre des reliefs, car elles sont généralement hors des infrastructures IFR, c'est-à-dire hors de portée des moyens radioélectriques de navigation et de couverture des radars de navigation aérienne.

De telles restrictions entraînent l'impossibilité d'accomplir
10 certaines missions à basse altitude, comme par exemple des missions de sauvetage ou des missions militaires tactiques en conditions IMC, ainsi que les atterrissages sur des terrains non équipés d'infrastructure IFR de contrôle aérien (c'est-à-dire hors infrastructures IFR).

Le brevet US-6,421,603 (Pratt et al) décrit un procédé
15 d'évaluation de risques d'interférence entre un plan de vol prévu et des obstacles, dans lequel on définit le plan de vol sous forme d'une trajectoire grossière constituée d'une suite de segments dotés de paramètres d'étendue spatiale (horizontale et verticale) ; un générateur de route convertit ces segments et paramètres en parallélépipèdes ou
20 polygones pour constituer un modèle de route ; les obstacles fixes sont représentés sous forme de carrés de terrain dotés d'une altitude et de leurs subdivisions, tandis que les obstacles mobiles sont modélisés par segments, de façon similaire au plan de vol ; une détection d'interférence est réalisée par comparaison des modèles respectifs de
25 route et d'obstacles ; une alarme est déclenchée lorsqu'une interférence est détectée.

Ce système ne permet pas de présenter au pilote la portion de route correspondant à l'interférence détectée.

Le brevet US-6,424,889 (Bonhoure et al) décrit un procédé de
30 génération d'une trajectoire horizontale d'évitement de zones dangereuses pour un aéronef ; le procédé comprend la détermination de cercles tangents à la trajectoire en un point initial et en un point final ; la détermination de tangentes à ces cercles et aux modèles de zones

dangereuses ; la sélection de paires de tangentes définissant un squelette de trajectoire, et la détermination d'une trajectoire grossière comportant des cercles reliant les tangentes.

Les brevets US-5,555,175 et FR2712251 (D'Orso) décrivent un
5 procédé d'assistance au pilotage d'un aéronef dans lequel on détecte des obstacles en avant de l'aéronef ; on sélectionne les obstacles dont le sommet est le plus proche d'une trajectoire d'évitement vertical ; on calcule, en fonction des obstacles sélectionnés, une courbe de pilotage que l'on présente au pilote pour l'aider à éviter les obstacles détectés.

10 Un objectif de l'invention est de proposer un système d'aide au pilotage d'un aéronef aux instruments hors de portée d'infrastructures IFR.

Un objectif de l'invention est de proposer un système d'aide au pilotage d'un aéronef à voilure tournante à basse altitude.

15 Un objectif de l'invention est de proposer un procédé interactif de détermination d'une consigne de pilotage facilitant l'évitement d'obstacles par le pilote embarqué d'un aéronef, et un dispositif pour sa mise en oeuvre.

Un objectif de l'invention est de proposer un système d'aide au
20 pilotage d'un aéronef qui soit amélioré et/ou qui remédie à une partie au moins des inconvénients des procédés et dispositifs connus.

La présente invention concerne un procédé permettant de sécuriser le vol d'un aéronef, en particulier d'un aéronef à voilure tournante, en conditions de vol aux instruments (IMC) hors
25 infrastructures de vol aux instruments (hors infrastructures IFR), de manière à procurer à l'aéronef une capacité de mission de tout temps et en tout lieu.

A cet effet, ledit procédé est remarquable selon l'invention, en ce que :

30 a) on détermine une route sécurisée de l'aéronef ;

b) on fait suivre audit aéronef la route sécurisée ainsi déterminée;
et

c) pendant ce suivi de la route sécurisée, on réalise, de façon automatique, les opérations suivantes, à l'aide de moyens non reliés
5 aux infrastructures de navigation aérienne, et en particulier à l'aide exclusivement de moyens embarqués sur l'aéronef,

α) on vérifie la sécurité de la trajectoire effective de l'aéronef ;

β) on vérifie la sécurité du vol de l'aéronef par rapport à d'éventuels autres aéronefs ; et

10 γ) on apporte une aide à la perception de l'environnement extérieur de l'aéronef.

Au sens de la présente demande, on entend par route une succession de points de passage dans l'espace en 3D, requis par une mission et de segments (« legs » dans la terminologie anglo-saxonne)
15 reliant ces points deux à deux.

Ainsi, le procédé conforme à l'invention permet d'assurer toutes les fonctions nécessaires à l'exécution d'un vol en conditions IMC (c'est-à-dire en conditions de vol aux instruments), simplement à partir de moyens disponibles à bord de l'aéronef, et non reliés aux
20 infrastructures IFR. La fiabilité et la complémentarité des moyens utilisés à cet effet permettent, comme on le verra ci-dessous, de réaliser toutes ces fonctions avec un niveau de sécurité au moins aussi bon que lors d'un vol exécuté avec le soutien d'une infrastructure IFR.

De plus, comme le vol est exécuté indépendamment de toute
25 infrastructure IFR, il échappe aux restrictions de domaine aérien propres à la couverture IFR. Il devient alors possible d'accéder à la totalité du domaine aérien, ce qui rend possibles les missions de sauvetage en particulier, quelles que soient les conditions météorologiques et l'endroit.

30 Bien entendu, la capacité tout temps et tout lieu d'un aéronef, en

particulier d'un aéronef à voilure tournante tel qu'un hélicoptère, obtenue grâce à la présente invention, est intéressante dans de très multiples branches d'activités : secours d'urgence, ambulance entre hôpitaux, police, protection civile, transport régulier de passagers,...

5 De façon avantageuse, à l'étape a) précitée, pour déterminer une route sécurisée de l'aéronef :

a1) un opérateur construit une route pour l'aéronef à l'aide d'un outil interactif de construction graphique de route couplé à un calculateur d'interférences et à une mémoire;

10 a2) on détermine d'éventuelles interférences entre la route et un modèle du terrain survolé par l'aéronef ; et

a3) on présente les éventuelles interférences à l'opérateur pour qu'il puisse modifier la construction de la route afin de faire disparaître lesdites interférences,

15 la suite desdites étapes a1) à a3) étant répétée jusqu'à la disparition complète desdites éventuelles interférences.

Ainsi, en cours de création ou de modification d'un segment, selon le procédé de l'invention, on peut indiquer les zones des segments en conflit avec le terrain ; la construction de la route est basée sur une
20 boucle « homme-machine » qui permet d'atteindre le résultat voulu en quelques étapes successives ; l'invention offre également la possibilité d'adapter une mission en cours d'exécution.

Par ailleurs, avantageusement, pendant l'exécution du vol, à l'étape c α), pour vérifier la sécurité de la trajectoire effective de
25 l'aéronef :

α 1) on vérifie que l'écart entre la route théorique de l'aéronef et la position actuelle de l'aéronef reste inférieur à une valeur prédéterminée ;

α 2) on vérifie que la trajectoire future immédiate de l'aéronef est
30 sécurisée par rapport à un terrain théorique ; et

α 3) on vérifie que la trajectoire future immédiate de l'aéronef est sécurisée par rapport à un terrain réel.

En outre, avantageusement, à l'étape c'), au moins lorsque l'aéronef se trouve à proximité du sol :

- 5 - on superpose des images captées de l'environnement extérieur à la vue extérieure réelle ; et/ou
- on superpose à ladite vue extérieure réelle, une ligne de sécurité située au-dessus du relief.

Par ailleurs, de façon avantageuse, à l'étape c'), on présente au
10 moins certaines des informations suivantes à au moins un pilote de l'aéronef :

- l'environnement hypsométrique;
- l'environnement aéronautique ; et
- les aéronefs situés le cas échéant à une distance dudit aéronef,
15 qui est inférieure à une distance prédéterminée.

La présente invention concerne également un dispositif de sécurisation du vol d'un aéronef, en particulier d'un aéronef à voilure tournante, en conditions de vol aux instruments hors infrastructures de vol aux instruments.

20 Selon l'invention, ledit dispositif est remarquable en ce qu'il comporte au moins :

- un calculateur d'interférences susceptible, notamment, de calculer les interférences entre une route et un terrain théorique;
- des moyens d'acquisition de paramètres relatifs à l'aéronef et à
25 l'environnement extérieur, en particulier relatifs à la position de l'aéronef dans l'espace ;
- une mémoire pour stocker une route construite :

- une mémoire contenant un modèle du terrain à survoler ;
- un moyen de visualisation, par exemple un écran, un collimateur tête haute ou équivalent, ainsi que l'interface nécessaire ;
- un outil interactif de construction graphique de la route ;
- 5 - un calculateur de navigation ; et
- un système de pilotage.

Le dispositif conforme à l'invention permet d'assurer toutes les fonctions nécessaires à l'exécution d'un vol en conditions IMC, sans utiliser pour ce faire d'infrastructure IFR usuelle. De plus, la fiabilité et
10 la complémentarité des différents moyens dudit dispositif permettent de réaliser toutes ces fonctions avec un niveau de sécurité au moins aussi bon que lors d'un vol exécuté avec le soutien d'infrastructures IFR.

Par conséquent, le dispositif conforme à l'invention présente une capacité de vol de tout temps et en tout lieu.

15 Dans un mode de réalisation particulier, ledit dispositif comporte de plus, au moins un moyen d'aide à la perception de l'environnement extérieur de l'aéronef.

L'unique figure du dessin annexé fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Cette figure est le schéma synoptique d'un
20 dispositif conforme à l'invention.

Le dispositif 1 conforme à l'invention et représenté sur la figure est destiné à sécuriser le vol d'un aéronef (non représenté), en particulier d'un aéronef à voilure tournante, tel qu'un hélicoptère, en conditions de vol aux instruments (IMC) hors infrastructures de vol aux
25 instruments (hors infrastructures IFR).

A cet effet, ledit dispositif 1 a pour objet de mettre en œuvre un procédé conforme à l'invention, consistant :

- a) à déterminer une route sécurisée de l'aéronef ;

b) à faire suivre audit aéronef la route sécurisée ainsi déterminée;
et

c) pendant ce suivi de la route sécurisée, à réaliser de façon automatique, à l'aide exclusivement de moyens embarqués sur l'aéronef
5 et précisés ci-dessous, les opérations suivantes :

α) vérifier la sécurité de la trajectoire effective de l'aéronef ;

β) vérifier la sécurité du vol de l'aéronef par rapport à
d'éventuels autres aéronefs ; et

γ) apporter une aide à la perception de l'environnement extérieur
10 de l'aéronef.

Pour ce faire, ledit dispositif 1 comporte :

- un calculateur d'interférences 2 susceptible, notamment, de
calculer les interférences entre la route et le terrain ;
- des moyens 3 d'acquisition de paramètres précisés ci-dessous,
15 relatifs à l'aéronef et à l'environnement extérieur, ces moyens 3
pouvant être en particulier des capteurs, des centrales anémo-
barométriques, des centrales inertielles ou un système de
positionnement par satellites ;
- une mémoire 4 pour stocker une route construite ;
- une mémoire 5 contenant un modèle du terrain à survoler ;
20
- un moyen de visualisation 6, notamment un écran de
visualisation ;
- un outil interactif 7 de construction graphique de la route ;
- un calculateur de navigation 8 ; et
- un système de pilotage 9 de type usuel, non précisé davantage
25 et comportant de façon usuelle au moins un écran de pilotage ou
équivalent, et éventuellement un pilote automatique. Ledit

système de pilotage 9 est relié par une liaison 10 au calculateur de navigation 8.

Dans un mode de réalisation préféré, ledit calculateur de navigation 8 comporte une fonction de navigation 11 usuelle, et ledit
5 calculateur 2, ainsi que ladite mémoire 4, sont intégrés dans ledit calculateur de navigation 8.

La première étape a) précitée d'un vol tout temps, est la préparation et la sécurisation de la route par rapport au terrain et aux éventuels obstacles.

10 Dans cette situation, deux cas de figure peuvent se présenter :

- soit la totalité de la route, jusqu'au point d'atterrissage prévu, est définie au sol, avant le vol. Dans ce cas, la préparation de la route est faite à l'aide d'un outil 7 qui peut être embarqué ou non sur l'aéronef :

- 15 - soit les premiers tronçons de la route seulement sont définis, de façon à économiser du temps de préparation (missions d'urgence) ou parce que la destination précise n'est pas connue au départ. Dans ce cas, l'outil interactif 7 de construction de la route est obligatoirement embarqué sur l'aéronef.

20 Cet outil interactif 7 comporte un moyen de désignation usuel (par exemple une souris, un clavier, un écran tactile) qui peut être actionné par un opérateur, notamment un pilote de l'aéronef, qui est couplé au calculateur 2, et dont le résultat d'un actionnement est affiché sur un écran, en particulier sur l'écran de visualisation 6.

25 Selon l'invention, la route construite par le pilote à l'aide de l'outil de construction 7 est introduite dans le calculateur 2 qui superpose alors cette route théorique au modèle de terrain numérique issu de la mémoire 5 pour déterminer les éventuelles interférences, en prenant des marges de sécurité (distances minimales acceptables par rapport au
30 relief, dans le plan vertical et dans le plan horizontal). Ces interférences sont visualisées sur l'écran de visualisation 6 pour que le pilote puisse

modifier la route jusqu'à faire disparaître toute interférence.

En suivant ce processus, le pilote peut construire progressivement la route sécurisée de son choix et la mémoriser dans la mémoire 4 du calculateur 2.

- 5 La sécurité du vol est basée sur le suivi précis de la route sécurisée ainsi déterminée.

Le guidage précis de l'aéronef le long de cette route, est assuré de façon usuelle (et non décrite davantage) par le calculateur de navigation 8 de type usuel,

- 10 De plus, l'écran de visualisation 6 permet de visualiser les positions respectives de l'aéronef et de la route prévue.

- Le calculateur de navigation 8 (fonction de navigation 11) guide l'aéronef très précisément au dessus de la route sécurisée. Cependant, la trajectoire réellement effectuée par l'aéronef diffère légèrement de la route théorique. Aussi, pour assurer la meilleure sécurité possible, il est
15 nécessaire, à l'étape α) précitée, de vérifier la sécurité de la trajectoire effective de l'aéronef.

Pour cela :

- α 1) le calculateur 2 vérifie que l'écart entre la route théorique de
20 l'aéronef et la position actuelle de l'aéronef reste acceptable ;

α 2) on vérifie que la trajectoire future immédiate de l'aéronef est sécurisée par rapport à un terrain théorique : et

α 3) on vérifie que la trajectoire future immédiate de l'aéronef est sécurisée par rapport à un terrain réel.

- 25 Dans un mode de réalisation particulier, pour mettre en œuvre l'étape α 1 précitée, le calculateur de navigation (fonction de navigation 11) calcule, à partir d'informations issues des moyens d'acquisition 3 et de la route théorique, un écart entre l'aéronef et la route théorique. Si cet écart devient supérieur aux marges de sécurité prédéfinies de la

route théorique, le pilote est alerté par des alarmes, affichées par exemple sur un écran de pilotage du système de pilotage 9.

La sécurisation par rapport au terrain théorique (étape $\alpha 2$) est mise en œuvre par un système usuel d'évitement des collisions avec le sol, de préférence de type « GCAS » (« Ground Collision Avoidance System »).

Ce système GCAS fait partie d'un ensemble 12 de systèmes S1, S2,..., Sn prévus sur l'aéronef. Ledit ensemble 12 est intégré dans le dispositif 1 conforme à l'invention,

10 En outre, la sécurisation par rapport au terrain réel et aux obstacles (étape $\alpha 3$) est assurée par un système usuel de détection et d'évitement d'obstacles, de préférence de type « OWS » (« Obstacle Warning System »), faisant appel à des capteurs détectant les obstacles et les reliefs dans l'obscurité ou dans de mauvaises conditions
15 météorologiques. Ce système OWS qui est intégré dans l'ensemble 12 comporte un écran de visualisation ou équivalent, qui fournit au pilote une ligne de sécurité au-dessus des obstacles, telle que définie par exemple dans le brevet FR-2712251, et un dispositif d'alerte indiquant la présence d'un obstacle dangereux.

20 On notera que les systèmes GCAS et OWS précités calculent une trajectoire extrapolée à court terme et la comparent au terrain théorique (cas du système « GCAS ») ou au terrain réel (cas du système « OWS »). Cette trajectoire est extrapolée uniquement à partir des évolutions immédiates du vecteur vitesse, sans chercher à rejoindre la route
25 programmée, à la différence du processus précité (étape $\alpha 1$) mis en oeuvre par le calculateur 2.

Par ailleurs l'étape c^{β}) du procédé conforme à l'invention peut être mise en oeuvre par un système d'évitement des collisions avec des aéronefs, de préférence de type « ACAS » (« Aircraft Collision Avoidance
30 System »), qui détecte la présence et la position des autres aéronefs dans un rayon compatible avec les possibilités de réaction de l'aéronef et du pilote et fournit au pilote une information sur les conflits potentiels

et des consignes de pilotage permettant d'éviter la collision.

Par ailleurs, l'aide à la perception de l'environnement extérieur (étape c⁷) est mise en oeuvre par des systèmes précisés ci-dessous dudit ensemble 12.

5 Cette aide est indispensable dans toutes les phases de vol à proximité du sol, aussi bien pour les atterrissages/décollages que pour le vol à très basse altitude. Dans les autres phases de vol, elle renforce le niveau de sécurité du vol en donnant au pilote des informations supplémentaires qui lui permettent d'optimiser ses actions ou réactions.

10 Les deux familles de systèmes suivants sont nécessaires pour les phases de vol à proximité du sol.

 La vision près du sol par mauvaises conditions de visibilité est améliorée par l'utilisation de capteurs tels que des caméras de type « FLIR3 (« Forward Looking Infra-Red »), de type BNL (« bas niveau de
15 lumière »), de type « RADAR » (« Radio Détection and Ranging »), de type « LIDAR » (« Light Détection and Ranging ») ou tout autre moyen équivalent, dont les images sont superposées à la vue extérieure réelle.

 Une autre figuration du relief potentiellement dangereux, est calculée par le système d'évitement d'obstacles « OWS » (« Obstacle
20 Warning System »), qui fournit au pilote une ligne de sécurité au-dessus des obstacles.

 Avantageusement, dans les autres phases de vol, la connaissance de l'environnement de l'aéronef peut être renforcée au moyen de divers systèmes complémentaires, permettant :

- 25 - une présentation, sur un écran de navigation usuel de l'aéronef, de l'environnement hypsométrique sous la forme de coupes de terrain et de vues horizontales faisant apparaître les reliefs dangereux autour de l'aéronef ;
- une présentation, sur les mêmes coupes verticales et
30 horizontales, de l'environnement aéronautique de l'aéronef,

c'est-à-dire des infrastructures matérielles (balise, aéroports, ...) et virtuelles (zones aériennes, points de report ...) ; et

- une présentation des aéronefs détectés dans l'environnement aérien survolé par le système ACAS, qui les qualifie en fonction de leur niveau de danger,

Par conséquent, l'ensemble des moyens précités du dispositif 1 conforme à l'invention permet d'assurer toutes les fonctions nécessaires à l'exécution d'un vol en conditions IMC. La fiabilité et la complémentarité des moyens utilisés permettent de réaliser toutes ces fonctions avec un niveau de sécurité au moins aussi bon que lors d'un vol exécuté avec le soutien d'une infrastructure IFR. De plus, comme le vol est exécuté indépendamment de toute infrastructure IFR, il échappe aux restrictions de domaine aérien propres à la couverture IFR. Il devient alors possible d'accéder à la totalité du domaine aérien, ce qui rend possibles tous types de missions quelles que soient les conditions météorologiques et la localisation géographique.

REVENDICATIONS

1. Procédé de sécurisation du vol d'un aéronef, en particulier d'un aéronef à voilure tournante, en conditions de vol aux instruments hors
5 infrastructures de vol aux instruments,

caractérisé en ce que :

a) on détermine une route sécurisée de l'aéronef ;

b) on fait suivre audit aéronef la route sécurisée ainsi déterminée;
et

10 c) pendant ce suivi de la route sécurisée, on réalise, de façon automatique à l'aide exclusivement de moyens non reliés aux infrastructures de navigation aérienne, les opérations suivantes:

α) on vérifie la sécurité de la trajectoire effective de l'aéronef ;

β) on vérifie la sécurité du vol de l'aéronef par rapport à
15 d'éventuels autres aéronefs : et

γ) on apporte une aide à la perception de l'environnement extérieur de l'aéronef.

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce qu'à l'étape a), pour déterminer une route sécurisée
20 de l'aéronef :

a1) un opérateur construit une route pour l'aéronef à l'aide d'un outil interactif (7) de construction graphique de route couplé à un calculateur d'interférences (2) et à une mémoire (4);

a2) on détermine d'éventuelles interférences entre ladite route et
25 un modèle du terrain survolé par l'aéronef ; et

a3) on présente les éventuelles interférences à l'opérateur pour qu'il puisse modifier la construction de ladite route afin de faire disparaître lesdites interférences, la suite desdites étapes a1) à a3) étant répétée jusqu'à la disparition complète desdites éventuelles
5 interférences.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'à l'étape c ^{α}) pour vérifier la sécurité de la trajectoire effective de l'aéronef :

10 α 1) on vérifie que l'écart entre une route théorique de l'aéronef et la position actuelle de l'aéronef reste inférieur à une valeur prédéterminée ;

α 2) on vérifie que la trajectoire future immédiate de l'aéronef est sécurisée par rapport à un terrain théorique ; et

15 a3) on vérifie que la trajectoire future immédiate de l'aéronef est sécurisée par rapport à un terrain réel.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,

20 caractérisé en ce qu'à l'étape c ^{γ}), au moins lorsque l'aéronef se trouve à proximité du sol, on superpose des images captées de l'environnement extérieur à la vue extérieure réelle.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,

25 caractérisé en ce qu'à l'étape c ^{γ}), au moins lorsque l'aéronef se trouve au moins à une distance prédéterminée du sol, on superpose à la vue extérieure réelle, une ligne de sécurité située au-dessus du relief.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'à l'étape c⁷), on présente au moins certaines des informations suivantes à un pilote de l'aéronef :

- l'environnement hypsométrique
- l'environnement aéronautique ; et
- 5 - les aéronefs situés le cas échéant à une distance dudit aéronef, qui est inférieure à une distance prédéterminée.

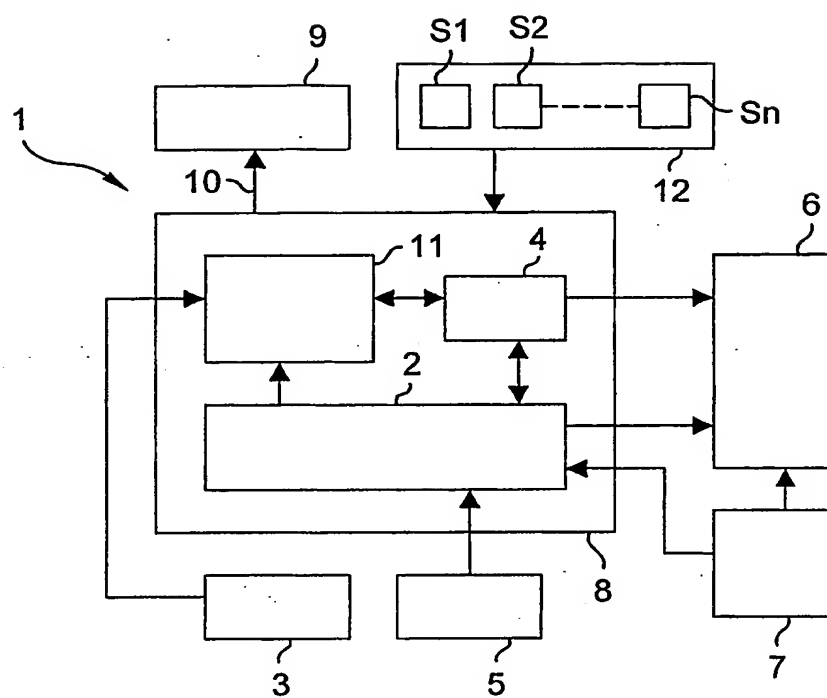
7. Dispositif embarqué ou embarquable de sécurisation du vol d'un aéronef, en particulier d'un aéronef à voilure tournante, en conditions de vol aux instruments hors infrastructures de vol aux
10 instruments,

caractérisé en ce qu'il comporte au moins :

- des moyens (3) d'acquisition de paramètres relatifs à l'aéronef et à l'environnement extérieur ;
- un moyen de visualisation (6) :
- 15 - un calculateur de navigation (8) incluant un calculateur d'interférences (2) associé à une mémoire (4) pour stocker une route construite et à une mémoire (5) contenant un modèle du terrain à survoler;
- 20 - un outil interactif (7) de construction graphique de la route qui est couplé au calculateur d'interférences (2) et dont le résultat d'un actionnement par un opérateur est affiché sur le moyen de visualisation (6) et permet la construction progressive de la route sécurisée qui est mémorisée dans la mémoire (4) ; et
- 25 - un système de pilotage (9) relié au calculateur (8) par une liaison (10) et comportant un écran de pilotage.

8. Dispositif selon la revendication 7,

caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, au moins un moyen (12) d'aide à la perception de l'environnement extérieur de l'aéronef.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/000939

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G08G5/04 B64D45/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G08G B64D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 421 603 B1 (HARTMANN GARY L ET AL) 16 July 2002 (2002-07-16) column 6, line 40 - column 9, line 48; figures 1-9	1-8
A	US 6 424 889 B1 (BONHOURE FABienne ET AL) 23 July 2002 (2002-07-23) column 2, line 34 - column 3, line 10 column 3, line 66 - column 4, line 40 column 7, line 39 - line 47	1-8
A	US 5 555 175 A (D ORSO MICHEL) 10 September 1996 (1996-09-10) cited in the application the whole document	1-8
A	US 4 839 658 A (KATHOL SHAWN ET AL) 13 June 1989 (1989-06-13)	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 January 2005

Date of mailing of the international search report

11/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Créchet, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/000939

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6421603	B1	16-07-2002	AU 2723401 A	24-04-2001
			CA 2381722 A1	29-03-2001
			EP 1203201 A2	08-05-2002
			JP 2003510675 T	18-03-2003
			WO 0122034 A2	29-03-2001
US 6424889	B1	23-07-2002	FR 2789771 A1	18-08-2000
			DE 60009805 D1	19-05-2004
			EP 1071986 A1	31-01-2001
			ES 2218124 T3	16-11-2004
			WO 0048049 A1	17-08-2000
US 5555175	A	10-09-1996	FR 2712251 A1	19-05-1995
			CA 2135410 A1	11-05-1995
			DE 69413642 D1	05-11-1998
			DE 69413642 T2	25-03-1999
			EP 0652544 A1	10-05-1995
			JP 7165193 A	27-06-1995
			RU 2095280 C1	10-11-1997
US 4839658	A	13-06-1989	AU 638250 B2	24-06-1993
			AU 5590990 A	20-09-1990
			AU 8073987 A	24-02-1988
			CA 1323679 C	26-10-1993
			EP 0277229 A1	10-08-1988
			KR 9104443 B1	27-06-1991
			NZ 221147 A	26-07-1995
			NZ 233797 A	26-07-1995
			NZ 233798 A	26-07-1995
			TR 23168 A	02-06-1989
			WO 8801086 A2	11-02-1988